

# Braking system has pressure sensor on pump output to detect pressure pulsations during pump operation that are evaluated to obtain measurement signal for controlling/monitoring pump

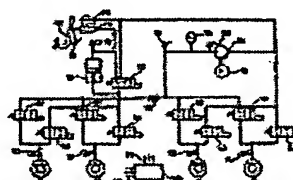
**Patent number:** DE19914403  
**Publication date:** 2000-10-05  
**Inventor:** HOFSAESS MICHAEL [DE]; SCHUNCK EBERHARDT [DE]; GOTTWICK ULRICH [DE]  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT [DE]  
**Classification:**  
**- international:** B60T13/16; B60T13/20; B60T8/40; B60T17/22; B60T8/88  
**- european:** B60T7/04B; B60T8/40G; B60T8/40J; B60T8/88; B60T13/16D; B60T13/68C; B60T17/22B; F04B49/08  
**Application number:** DE19991014403 19990330  
**Priority number(s):** DE19991014403 19990330

Also published as:

WO0059762 (A1)  
 EP1082243 (A1)  
 US6517170 (B1)

## Abstract of DE19914403

The system has valves (161-164) via which hydraulic fluid passes in regulated manner from a pressure reservoir (185) into each wheel brake cylinder, whereby the hydraulic fluid is pumped (190) into the pressure reservoir. A pressure sensor (200) on the output side of the pump determines pressure pulsations during operation of the pump that are evaluated (300) to obtain a measurement signal for controlling and/or monitoring the pump. An independent claim is also included for a method of controlling and/or monitoring a pump in a braking system.



(30) Zusammenfassung  
 Erfindung: In dem eine hydraulische Anlage mit einem Druckbehälter (185) über Ventile (161-164) in jeweils zwei Radbremszylinder (161, 162, 163, 164) einströmt, wobei die Hydraulikflüssigkeit durch eine Pumpe (190) in den Druckbehälter (185) überströmt, ist eine Druckmessung (200) an der Pumpe (190) vorgesehen, um die Druckpulsationen in der Hydraulikflüssigkeit während des Pumpenbetriebs zu messen und diese zur Steuerung und/oder Überwachung der Pumpe (190) zu verwenden.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 199 14 403 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 T 13/16**  
 B 60 T 13/20  
 B 60 T 8/40  
 B 60 T 17/22  
 B 60 T 8/88

**21** Aktenzeichen: 199 14 403.6  
**22** Anmeldetag: 30. 3. 1999  
**43** Offenlegungstag: 5. 10. 2000

**DE 199 14 403 A 1**

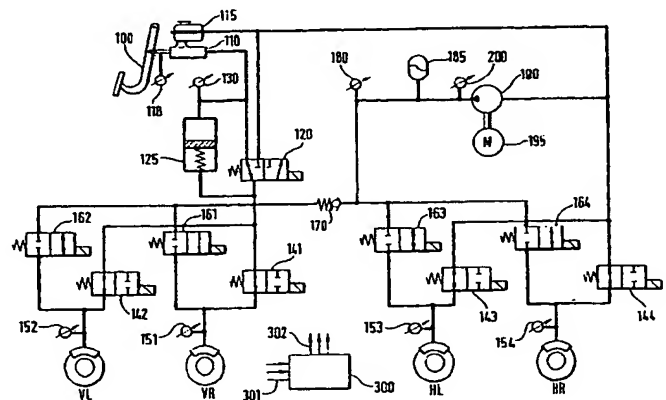
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

**(72) Erfinder:**  
Hofsaess, Michael, 71665 Vaihingen, DE; Schunck,  
Eberhardt, 76829 Landau, DE; Gottwick, Ulrich, Dr.,  
70192 Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4) Bremsssystem und Verfahren zur Steuerung und/oder Überwachung einer Pumpe eines Bremsystems

57) Bremssystem, bei dem eine Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventilmittel in jeweilige Radbremszylinder einsteuerbar ist, wobei die Hydraulikflüssigkeit mittels einer Pumpe in den Druckspeicher förderbar ist, mit einem an der Ausgangsseite der Pumpe angeordneten Drucksensor zur Ermittlung von beim Pumpenbetrieb in der Hydraulikflüssigkeit auftretenden Druckpulsationen und Mitteln zur Auswertung der Druckpulsationen zum Erhalt eines Meßsignals zur Steuerung und/oder Überwachung der Pumpe.



**Best Available Copy**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bremssystem nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Steuerung und/oder Überwachung einer Pumpe eines Bremssystems nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 3.

Aus der DE 195 48 248 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Pumpe eines elektrohydraulischen Bremssystems bekannt. In dem Bremssystem wird eine Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher über Ventilmittel in die jeweiligen Radbremszylinder eingesteuert, wobei die Hydraulikflüssigkeit mit einer Pumpe in den Druckspeicher förderbar ist. Zur möglichst geräuschlosen Ladung des Druckspeichers durch die Pumpe ist letztere mit einem bedarfsgerecht vorgebbaren Pulspausenverhältnis ansteuerbar.

Aus der DE 196 38 196 A1 ist ein System zur Überwachung eines Bremssystems mit einer ansteuerbaren Hydraulikpumpe, die sich in einem Hydraulikkreislauf befindet, und mit wenigstens einem Magnetventil, dessen Betriebszustand auf ein Steuersignal hin geändert werden kann, bekannt. Dabei wird durch die Änderung des Betriebszustandes des Magnetventils der Strömungswiderstand in dem Hydraulikkreislauf beeinflusst. Es sind Überwachungsmittel vorgesehen, mittels der bei Vorliegen bestimmter Betriebsbedingungen abhängig von einem ermittelten Nachlaufverhalten der Hydraulikpumpe bei unterschiedlichen Betriebszuständen des Magnetventils eine Anzeigevorrichtung zur Anzeige eines Fehlers betätigt wird.

Aus Sicherheitsgründen ist es notwendig, insbesondere bei elektrohydraulischen Bremssystemen stets die Druckversorgung zu überwachen. Zu diesem Zwecke wird der absolute Systemdruck ständig, und der Druck und die Druckänderungsrate bei einer Speicherladung auf Grenzwerte hin überwacht. Während einer Druckregelung (beispielsweise im Rahmen eines Anti-Blockier-Systems oder Antriebs-schlupf-Regelungs-Systems) kommt es zu einer Volumenentnahme aus dem Druckspeicher, welche nicht oder nur sehr schwer in genauer Weise meßbar ist. Bei einer gleichzeitigen Nachladung des Druckspeichers erweist es sich bei herkömmlichen Systemen als unmöglich, eine genaue Überwachung der Pumpenwirkung durchzuführen. Bei herkömmlichen Systemen kann lediglich aus einem Druckanstieg in dem Druckspeicher auf den Betrieb bzw. die Wirkung der Pumpe geschlossen werden.

Zur Vermeidung von Geräuschen wird eine derartige Pumpe beim Ladebetrieb nicht zu 100% angesteuert, sondern in der Regel getaktet betrieben. Dennoch ist während des Fahrbetriebs ein durch die getaktete Pumpe hervorgerufenen Geräusch insbesondere bei Drehzahländerungen störend bemerkbar, während die Geräuschentwicklung bei konstanter Drehzahl wesentlich unauffälliger ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Bremssystems, bei welchem eine zuverlässige Überwachung des Pumpenbetriebes in einfacher Weise durchführbar ist. Es wird ferner angestrebt, ein Bremssystem mit einer möglichst geringen Geräuschentwicklung zur Verfügung zu stellen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Bremssystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Steuerung und/oder Überwachung einer Pumpe eines Bremssystems mit den Merkmalen des Patentanspruchs 3.

Erfindungsgemäß ist es nun möglich, insbesondere ein elektrohydraulisches Bremssystem derart zu betreiben, daß die Pumpenwirkung, d. h. insbesondere die Pumpendrehzahl und die Pumpenleistung, auch bei gleichzeitiger Volumenentnahme aus dem Druckspeicher beurteilt bzw. überwacht werden kann. Ferner ist durch die erfindungsgemäß in einfacher Weise mögliche Bestimmung der Pumpendreh-

zahl eine phasengeregelte Ansteuerung der Pumpe zur Minimierung störender Geräusche durch eine verbesserte Pumpentaktung möglich. Beim Pumpenbetrieb werden Druckpulsationen erzeugt, deren zeitlicher Verlauf das periodische Öffnen des Auslaßventiles der Pumpe, d. h. bei einem z. B. elektrohydraulischen Bremssystem der Speicherladepumpe, widerspiegelt. Die Periodendauer der Pulsationen bzw. eines entsprechenden Meßsignals entspricht dabei der Umdrehungsdauer der Pumpe. Die maximale Pulsationshöhe ist ein Maß für die Pumpenleistung bei gegebener Elastizität auf der Pumpenausgangsseite und bei gegebener Temperatur der Hydraulikflüssigkeit bzw. des Druckmediums. Bei einem typischen z. B. elektrohydraulischen Bremssystem arbeitet die getaktete Pumpe beispielsweise mit Drehzahlen von etwa 1500–3000 U/min. was einer Periodendauer von 20–40 ms entspricht.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bremssystems bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bremssystems ist der Drucksensor unmittelbar am Ausgang der Pumpe angeordnet. Durch diese Anordnung können trotz vorhandener Elastizitäten, welche beispielsweise durch in dem Bremssystem vorgesehene Speicher und/oder Bohrungen verursacht werden, Druckpulsationen in sehr genauer und zuverlässiger Weise ermittelt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Glättung sowie eine Offset-Kompensation eines durch die Ermittlung der Druckpulsationen erhaltenen Meßsignals durchgeführt. Bei Pumpendrehzahlen von 1500–3000 U/min kann man beispielsweise durch Einlesen des Drucksensorsignals mit genügender Häufigkeit, beispielsweise alle 2 ms, eine Glättung des Signals durchführen. Eine Offset-Kompensation ist dadurch erzielbar, daß man von diesem Signal ein langzeitgefiltertes Signal, beispielsweise den Mittelwert des Signals über die unmittelbar vorangehenden 40–80 ms, subtrahiert. Die Zeitdauer zwischen zwei positiven Nulldurchgängen ist hierbei ein Maß für die Periodendauer. Der Maximalwert bzw. die Amplitude des so erhaltenen Signals ist, in Abhängigkeit von der Temperatur des Druckmediums, direkt von der Pumpenleistung abhängig.

Beispielsweise durch Vergleich der ermittelten Signalwerte mit abgelegten Tabellenwerten kann beurteilt werden, ob die Pumpenleistung mit den spezifizierten Werten übereinstimmt und somit die Pumpe ordnungsgemäß funktioniert.

Es erweist sich als vorteilhaft, die Pumpe getaktet zu betreiben und zu einem festlegbaren Zeitpunkt nach einem Nulldurchgang und/oder einem Extremum des geglätteten oder offset-kompensierten Meßsignals anzusteuern. Durch diese Maßnahme ist es möglich, die Körperschallentstehung unter dem Aspekt der Geräuschstärke zu minimieren. Die Pumpe kann -besonders leise angetrieben werden, wenn sie phasenrichtig angesteuert wird.

Es ist erfindungsgemäß in einfacher Weise möglich, dem Wirkungsgrad der Pumpe anhand der Höhe der ermittelten Druckpulsationen bzw. der Amplitude des hieraus ermittelten Meßsignals zu überwachen.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bremssystems wird nun unter Bezug auf die beigefügte Zeichnung im einzelnen erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 ein Blockdiagramm zur Darstellung der wesentlichen Elemente eines erfindungsgemäßen elektrohydraulischen Bremssystems, und

Fig. 2 ein Flußdiagramm zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In dem dargestellten Bremssystem ist ein Bremspedal mit

100 bezeichnet. Über das Bremspedal kann Druck in einem Hauptbremszylinder 110 aufgebaut werden. Mittels eines Pedalwegensors 118 kann die Bewegung des Bremspedals erfaßt werden. Der Hauptbremszylinder 110 steht mit einem Vorratsbehälter 115 in Kontakt. Der Hauptbremszylinder 110 steht in Verbindung mit einem Sicherheitsventil 120, das sich in seinem nicht-bestromten Zustand in der dargestellten Stellung befindet. Parallel zu dem Sicherheitsventil ist ein Pedalwegsimulator 125 geschaltet.

In der Verbindungsleitung zwischen dem Hauptbremszylinder 110 und dem Sicherheitsventil 120 bzw. dem Pedalwegsimulator 125 ist ein Drucksensor 130 angeordnet, der ein Signal bereitstellt, das den Druck PHZ im Hauptbremszylinder anzeigt.

Im nicht-bestromten Zustand gibt das Sicherheitsventil 120 die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder und Auslaßventilen 141 und 142 frei. Die Auslaßventile sind ebenfalls in ihrem nicht-bestromten Zustand in Durchlaßrichtung geschaltet und geben die Verbindung zu Radbremszylindern frei.

Das Auslaßventil 141 ist dem Radbremszylinder VR des rechten Vorderrades, und das Auslaßventil 142 dem Radbremszylinder VL des linken Vorderrades zugeordnet. Der Druck in den Radbremszylindern kann durch Sensoren 151, 152 erfaßt werden.

Die Radbremszylinder stehen ferner über Einlaßventile 161 und 162 und ein Rückschlagventil 170 mit einem Druckspeicher 185 in Kontakt. Der Druck in dem Druckspeicher 185 kann mittels eines Drucksensors 180 erfaßt werden. Das Einlaßventil 161 ist dem rechten Vorderrad, und das Einlaßventil 162 dem linken Vorderrad zugeordnet.

Der Druckspeicher 185 steht ferner über Einlaßventile 163 und 164 mit dem Radbremszylinder HL des linken Hinterrades bzw. dem Radbremszylinder HR des rechten Hinterrades in Kontakt. Die Radbremszylinder des linken Hinterrades bzw. des rechten Hinterrades stehen wiederum über Auslaßventile 143 bzw. 144 mit dem Vorratsbehälter 115 in Kontakt.

Die Auslaßventile 141 und 142 können über das Sicherheitsventil 120 ebenfalls mit dem Vorratsbehälter 115 in Kontakt gebracht werden.

Eine Pumpe 190, die von einem Pumpenmotor 195 angetrieben wird, fördert die Hydraulikflüssigkeit von dem Vorratsbehälter 115 in den Druckspeicher 185.

Auf der Ausgangsseite der Pumpe 190, d. h. zwischen Pumpe 190 und Druckspeicher 185, ist ein weiterer Drucksensor 200 vorgesehen. Mittels dieses Drucksensors 200 sind durch den Pumpenbetrieb verursachte Druckpulsationen in der Hydraulikflüssigkeit ermittelbar. Der zeitliche Verlauf der Druckpulsationen spiegelt das periodische Öffnen des (nicht im einzelnen dargestellten) Auslaßventiles der Pumpe 190 wieder. Die ermittelten Druckpulsations-signale sind einer Steuereinheit 300 zuführbar, welche eine geeignete Signalverarbeitung durchführt. Zweckmäßigerweise handelt es sich bei dieser Steuereinheit 300 um eine Steuereinheit, welche den Gesamtbetrieb des dargestellten elektrohydraulischen Bremssystems, d. h. die Ansteuerung der Pumpe, der übrigen Drucksensoren und der Ventile, steuert bzw. regelt. Eingangssignalleitungen und Ausgangssignalleitungen der Steuereinheit 300 sind mit 301 bzw. 302 bezeichnet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit der Zeichnung sind mit dem Drucksensor 200 oder den anderen Elementen des dargestellten Bremssystems verbundene Signalleitungen, welche mit den Signalleitungen 301, 302 kommunizieren, nicht im einzelnen dargestellt.

Das dargestellte elektrohydraulische Bremssystem arbeitet nun wie folgt:

Beim ordnungsgemäßen Betrieb wird das Sicherheitsventil

120 bestromt. Das Sicherheitsventil 120 gibt die Verbindung zwischen dem Vorratsbehälter 115 und den Auslaßventilen frei und unterbricht die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder 110 und den Auslaßventilen. Betätigt der Fahrer das Bremspedal 100, so ermittelt der Sensor 118 das Signal, daß dem Pedalweg des Bremspedals 100 entspricht und/oder der Sensor 130 liefert ein Drucksignal bezüglich des Drucks im Hauptbremszylinder.

Ausgehend von wenigstens einem dieser Signale, die dem Fahrerwunsch entsprechen, sowie eventuell weiteren Betriebskenngrößen, bestimmt die Steuereinheit 300 Ansteuersignale zur Beaufschlagung der Einlaßventile 161, 162, 163 und 164 sowie der Auslaßventile 141, 142, 143 und 144.

Durch Bestromen des Pumpenmotors 195 wird die Pumpe 190 angetrieben und fördert Hydraulikflüssigkeit vom Vorratsbehälter 115 in den Druckspeicher 185. Dies hat zur Folge, daß der Druck im Druckspeicher 185, der von dem Drucksensor 180 gemessen wird, ansteigt. Durch Öffnen der Einlaßventile 161 bis 164 und Schließen der Auslaßventile 141 bis 144 wird der Druck in den Radbremszylindern abhängig vom Fahrerwunsch erhöht. Durch Öffnen der Auslaßventile und Schließen der Einlaßventile kann der Druck in den Radbremszylindern entsprechend der Pedalbetätigung abgebaut werden.

Besonders vorteilhaft ist, den Druck in den Radbremszylindern mit den Drucksensoren 151 bis 154 zu messen. In diesem Fall ist eine Druckregelung und/oder eine Fehlerüberwachung möglich.

Der Pedalwegsimulator 125 bewirkt, daß der Fahrer am Bremspedal 100 eine entsprechende Kraft spürt, die bei entsprechender Betätigung des Bremspedals bei einem herkömmlichen Bremssystem auftreten würde.

Bei Ausfall der Einrichtung wird das Sicherheitsventil 120 stromlos und gibt die Verbindung zwischen dem Hauptbremszylinder 110 und den Radbremszylindern der Vorderräder VL, VR frei. Damit hat der Fahrer über das Bremspedal Durchgriff auf die Radbremszylinder der Vorderräder.

Die Pumpe 190 muß ausreichend Hydraulikflüssigkeit in den Druckspeicher fördern, damit ein ausreichender Bremsdruck zur Verfügung steht. Die Überwachung des Pumpenbetriebes ist mittels des Drucksensors 200 durchführbar. Es sei angemerkt, daß auf den erwähnten Drucksensor 180 verzichtet werden kann, damit dem langzeitgefilterten Signal aus dem Drucksensor 200 eine Information über die Füllung des Speichers vorliegt. Die Periodendauer des gemessenen Druckpulssignals entspricht hierbei der Pumpenumdrehungsdauer. Die maximale Pulsationshöhe bzw. die Amplitude des Meßsignals stellt ein Maß für die Pumpenleistung bei gegebener Elastizität auf der Pumpenausgangsseite und bei gegebener Temperatur des Druckmediums dar. Mittels geeigneter, in der Steuereinheit 300 durchzuführender Signalverarbeitungen ist somit eine ständige Überwachung der Pumpenleistung, insbesondere auch bei gleichzeitiger Volumenentnahme aus dem Druckspeicher 185, möglich. Die Temperatur des elektrohydraulischen Bremssystems, d. h. insbesondere die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit, kann beispielsweise mittels einer in dem Drucksensor 200 vorgesehenen Temperaturerfassungseinrichtung ermittelt werden. Derartige Temperaturerfassungseinrichtungen sind auch bei den weiteren, in dem dargestellten Bremssystem verwendeten Drucksensoren vorsehbar. Ein so ermitteltes Temperatursignal kann ebenfalls der Steuereinheit zugeführt werden, so daß das gemessene Druckpulssignal für eine gegebene Temperatur mit in dem Steuergerät abgelegten Tabellenwerten verglichen werden kann. Somit kann in einfacher und unaufwendiger Weise festgestellt werden, ob die Pumpenleistung mit den abgelegten bzw. spezifizierten Werten übereinstimmt.

Das erfindungsgemäße Vorsehen des Drucksensors 200 erlaubt ferner eine phasengeregelte Ansteuerung der Pumpe 190, wodurch eine Minimierung der Geräuschentwicklung der Pumpe 190 erzielbar ist. Dadurch, daß mittels des Drucksensors 200 die Drehzahl der Pumpe 190 in einfacher und zuverlässiger Weise ermittelbar ist, ist diese Drehzahl als Führungsgröße bei der Pumpenregelung verwendbar. Insgesamt kann mittels der Anordnung des Drucksensors 200 an der Ausgangsseite der Pumpe 190 der Wirkungsgrad der Pumpe ständig überwacht, sowie die Pumpe mit einer weitgehend konstanten Drehzahl und/oder einer phasenrichtigen Ansteuerung geräuscharm betrieben werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist in dem Flußdiagramm der Fig. 2 noch einmal dargestellt. In einem Schritt 101 erfolgt hierbei die Förderung von Hydraulikflüssigkeit in den Druckspeicher 185 mittels der Pumpe 190. In einem sich hieran anschließenden Schritt 102 wird mittels des Drucksensors 200 eine Ermittlung von beim Betrieb der Pumpe auftretenden Druckpulsationen durchgeführt. In einem weiteren Schritt 103 wird mittels einer Auswertung der ermittelten Druckpulsationen ein Meßsignal zur Steuerung bzw. Überwachung der Pumpenleistung erhalten. In einem anschließenden Schritt 104 erfolgt eine Glättung und/oder Offset-Kompensation des erhaltenen Meßsignals. Auf der Grundlage dieses geglätteten bzw. offset-kompensierten Meßsignals erfolgt schließlich in einem Schritt 105 die Ansteuerung der Pumpe zu einem festlegbaren Zeitpunkt nach einem Nulldurchgang und/oder einem Extremum des Meßsignals.

Die Vorrichtung und das Verfahren sind nicht auf das im Ausführungsbeispiel eingesetzte elektrohydraulische Bremssystem beschränkt. Vielmehr ist die Erfindung bei beliebigen Bremssystemen einsetzbar, bei welchen am Ausgang des das Druckmedium fördernden Mittels, insbesondere einer Pumpe, beispielsweise sensorisch Druckpulsationen erfaßt und demzufolge ausgewertet werden können.

#### Patentansprüche

1. Bremssystem, insbesondere elektrohydraulisches Bremssystem, bei dem eine Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher (185) über Ventilmittel (161, 162, 163, 164) in jeweilige Radbremszylinder einsteuerbar ist, wobei die Hydraulikflüssigkeit mittels einer Pumpe (190) in den Druckspeicher (185) förderbar ist, gekennzeichnet durch einen an der Ausgangsseite der Pumpe (190) angeordneten Drucksensor (200) zur Ermittlung von beim Pumpenbetrieb in der Hydraulikflüssigkeit auftretenden Druckpulsationen und Mittel (300) zur Auswertung der Druckpulsationen zum Erhalt eines Meßsignals zur Steuerung und/oder Überwachung der Pumpe (190).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Drucksensor (200) unmittelbar am Ausgang der Pumpe (190) angeordnet ist.
3. Verfahren zur Steuerung und/oder Überwachung einer Pumpe eines Bremssystems, insbesondere eines elektrohydraulischen Bremssystems, bei dem die Hydraulikflüssigkeit aus einem Druckspeicher (185) über Ventilmittel (161, 162, 163, 164) in die Radbremszylinder eingesteuert wird, wobei die Hydraulikflüssigkeit mittels einer Pumpe (190) in den Druckspeicher (185) gefördert wird, dadurch gekennzeichnet, daß beim Betrieb der Pumpe (190) auftretende Druckpulsationen ermittelt und zum Erhalt eines Meßsignals zur Steuerung und/oder Überwachung der Pumpe (190) ausgewertet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

net, daß eine Glättung und/oder eine Offset-Kompensation des erhaltenen Meßsignals durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe (190) getaktet betrieben wird, wobei die Pumpe zu einem festlegbaren Zeitpunkt nach einem Nulldurchgang und/oder einem Extremum des geglätteten und/oder offset-kompensierten Meßsignals angesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Wirkungsgrad der Pumpe (190) anhand der Höhe der ermittelten Druckpulsationen bzw. der Amplitude des aus den Druckpulsationen ermittelten Meßsignals überwacht wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

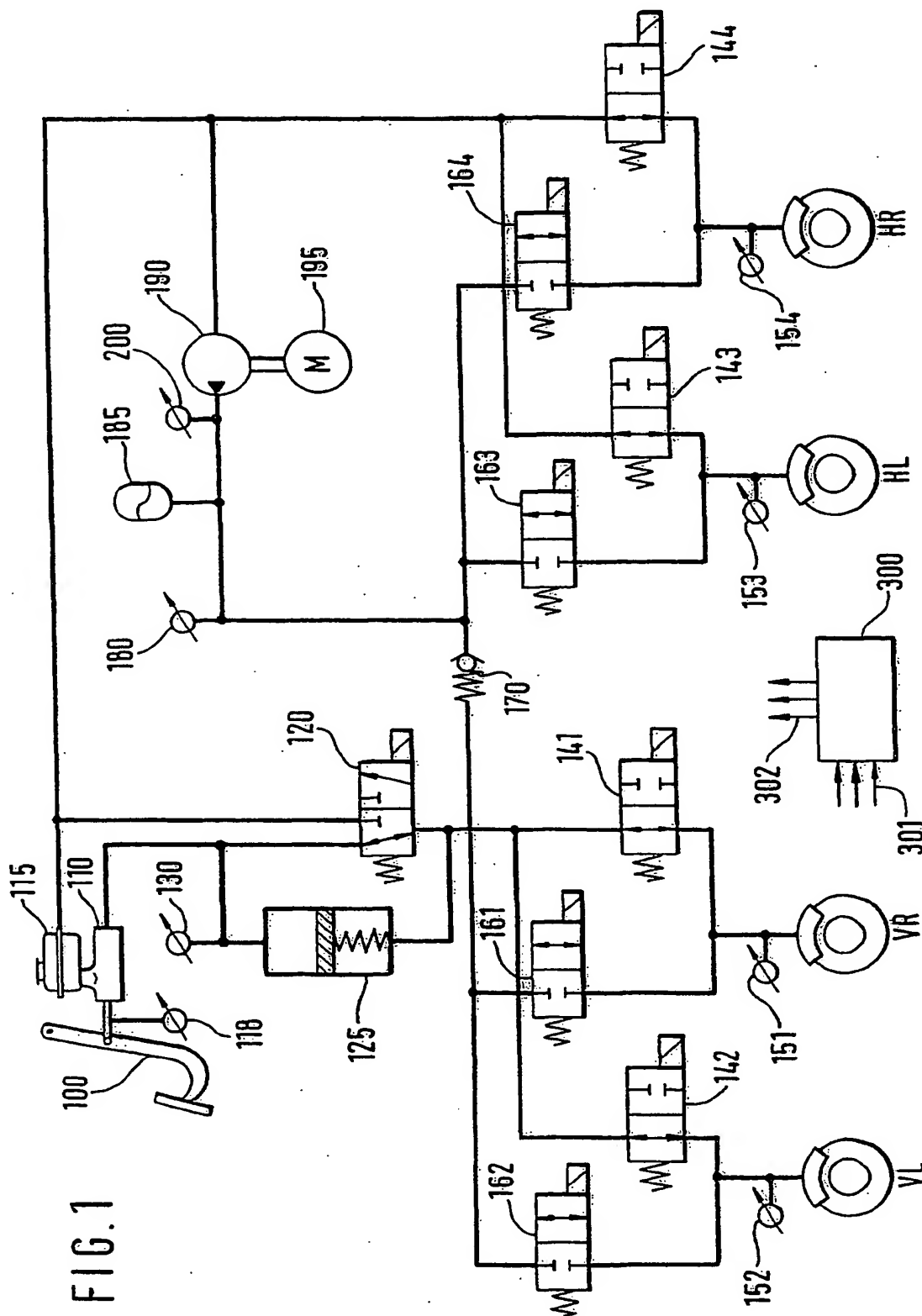


FIG. 1

FIG. 2

